

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. März 2003 (27.03.2003)

PCT

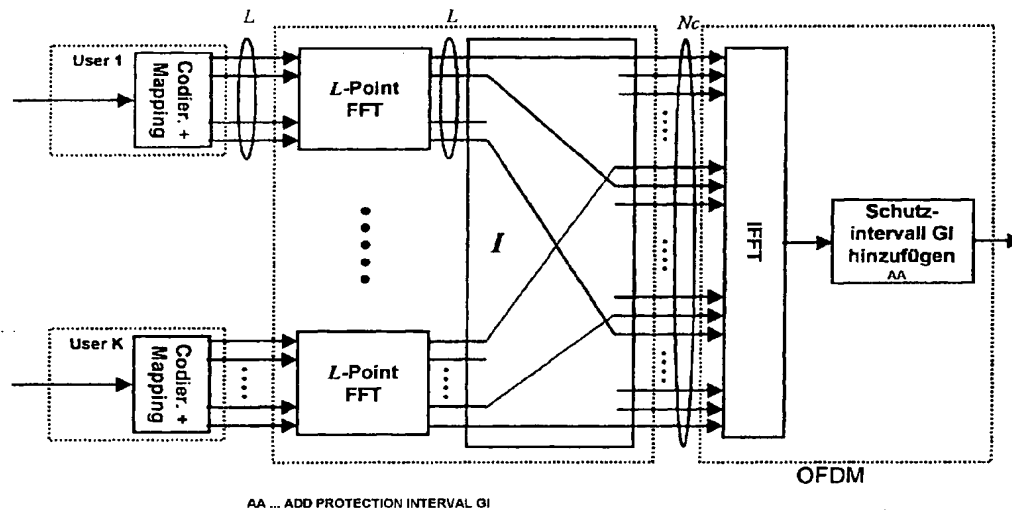
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/026193 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation?: **H04L 5/02**,  
27/26
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/10382
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
16. September 2002 (16.09.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 46 002.3 18. September 2001 (18.09.2001) DE  
01122310.4 18. September 2001 (18.09.2001) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **COSTA, Elena**  
[DE/DE]; Hüterweg 21, 85748 Garching (DE). **HAAS,**  
**Harald** [DE/DE]; Roggersdorfer Strasse 87, 83607  
Holzkirchen (DE). **SCHULZ, Egon** [DE/DE]; Witten-  
berger Strasse 3, 80993 München (DE). **ROHLING,**  
**Hermann** [DE/DE]; Dr. Kirchheimer Strasse 11, 38304  
Wolfenbüttel (DE). **GALDA, Dirk** [DE/DE]; Streseman-  
nallee 68, 22529 Hamburg (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-**  
**SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND COMMUNICATION SYSTEM DEVICE FOR THE GENERATION OR PROCESSING OF OFDM  
SYMBOLS IN A TRANSMISSION SYSTEM WITH SPREAD USER DATA

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND KOMMUNIKATIONSSYSTEMVORRICHTUNG ZUM BEREITSTELLEN BZW. VER-  
ARBEITEN VON OFDM-SYMBOLEN IN EINEM ÜBERTRAGUNGSSYSTEM MIT GESPREIZTEN TEILNEHMERDATEN



(57) Abstract: The invention relates to a method and a communication system device for the generation of OFDM symbols, whereby data from one or more users or from one or more data sources (User 1 - User M) are represented on a number of sub-carriers ( $N_c$ ). According to the invention, in order to inhibit multiple-access interference (MAI) on application of the CDMA principle, the data are transformed in a data-source specific manner and only subsequently allocated to the sub-carriers, independently of the transformation.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/026193 A1



MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,

LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)  
— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Kommunikationssystemvorrichtung zum Erzeugen von OFDM-Symbolen, wobei Daten von einem oder mehreren Teilnehmern bzw. von einer oder mehreren Datenquellen (User 1 - User M) auf eine Vielzahl von Subträgern (Nc) abgebildet werden. Um bei Anwendung des CDMA-Prinzips Mehrfachzugriffs-Interferenzen (MAI) zu verhindern wird vorgeschlagen, die Daten jeder einzelnen Datenquelle datenquellenspezifisch zu transformieren und erst anschließend unabhängig von der Transformation den Subträgern zuzuordnen.

VERFAHREN UND UBERTRAGUNGSEINRICHTUNG FÜR EIN KOMMUNIKATIONSSYSTEME ZUM  
VERARBEITEN VON OFDM-SYMBOLN MIT GESPREIZTEN TEILNEHMERDATEN

5

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Bereitstellen bzw. Verarbeiten von OFDM-Symbolen und eine Kommunikationssystemvorrichtungen zum Durchführen solcher Verfahren.

10

Bei modernen Kommunikationssystemen, insbesondere gemäß dem Standard GSM (Global System for Mobile Communications) oder UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) werden Teilnehmerdaten vor dem Erzeugen eines Sendesignals codiert und auf einen Träger aufgeteilt.

15

Bei Kommunikationssystemen der vierten Generation sind Vielfachzugriffsverfahren mit OFDM-Übertragungssystemen (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplex) geplant. Diese ordnen die Teilnehmerdaten bzw. Daten von jeweils bestimmten Datenquellen einer Anzahl von Subträgern in OFDM-Symbolen (OFDM-TDMA) oder einer Zahl unterschiedlicher Subträger (OFDM-FDMA) zu. Bei beispielsweise OFDM-FDMA (FDMA: Frequency Division Multiple Access) stellen die Subträger einzelne jeweils zueinander benachbarte Frequenzbänder eines größeren Frequenzbereiches dar. Bekannt ist z.B. auch, die Teilnehmerdaten bzw. Userdaten jeweils einer Anzahl kompletter OFDM-Symbole exklusiv zuzuordnen, wie bei OFDM-TDMA (TDMA: Time Division Multiple Access), wobei die Teilnehmerdaten in dem OFDM-Symbol für die Übertragung über die Schnittstelle zwischen verschiedenen Kommunikationsstationen zeitlich aufeinander folgend angeordnet werden, insbesondere Teilnehmerdaten einer Station jeweils einem oder mehreren der OFDM-Symbole direkt aufeinander folgend zugeordnet werden. Durch solche OFDM-Übertragungsverfahren werden Zwischensymbol-Interferenzen (ISI: Inter-Symbol-Interferences) vermieden. Ferner werden bei beiden Vielfachzugriffsverfahren zusätzlich

25

30

35

Mehrfachzugriff-Interferenzen (MAI: Multiple Access Interferences) vermieden.

Gemäß einer alternativen Verfahrensweise können die Teilnehmerdaten durch die Verwendung orthogonaler Codes mit Hilfe einer orthogonalen Matrix über eine vorgegebene Anzahl von Subträgern und/oder OFDM-Symbole gespreizt werden, wie bei dem unter OFDM-CDMA bzw. MC-CDMA (CDMA: Code Division Multiple Access; MC: Multiple Carrier) bekannten Verfahren. Bei dem OFDM-CDMA-Verfahren werden die Daten aller Teilnehmer allen verfügbaren Frequenzen zugeordnet, wobei Codes zur Trennung verwendet werden. Ohne weitere Maßnahmen entstehen in diesem Fall und insbesondere bei Betrachtung mehrerer Teilnehmer bzw. Datenquellen, deren Daten parallel zueinander eingehen, unerwünschte Mehrfachzugriffs-Interferenzen.

Zur Vermeidung dieses Problems erfolgt eine Spreizung der Teilnehmerdaten über mehrere Subträger daher nur bei gleichzeitiger Zuordnung von Subträgern zu mehreren Teilnehmern, was als OFDM-FDMA mit Teilnehmer/User-spezifischer Spreizung der Nutzdaten bezeichnet wird. Spreizung und Zuordnung von Subträgern erfolgen dabei in einem gemeinsamen und umfassenden Verfahrensschritt. Zur Spreizung werden vorwiegend sogenannte Walsh-Hadamard-Matrizen unterschiedlicher Größe eingesetzt, wie dies beispielsweise aus M. Yee, J.-P. Linnartz: Controlled Equalization of Multi-Carrier CDMA in an Indoor Rician Fading Channel, Proc. IEEE VTC'94, Stockholm, Sweden, 1994, oder T. Müller, K. Bruninghaus, H. Rohling: Performance of Coherent OFDM-CDMA for Broadband Mobile Communications, Wireless Personal Communications, Kluwer Academic Publisher, 1996, bekannt ist. Verschiedenen Teilnehmern werden dabei je nach benötigter Datenrate zur Übertragung eine Anzahl zwischen 1 und N der orthogonalen Codes zugeordnet, wobei N die Anzahl der verfügbaren Subträger ist.

Ferner ist aus K. Bruninghaus, H. Rohling: Multi Carrier Spread Spectrum and its Relationship to Single-Carrier Trans-

mission, Proc. IEEE VTC'98, Ottawa, Kanada, 1998, eine Sprei-  
zung mittels einer FFT-Matrix (FFT: Fast Fourier Transforma-  
tion) zur Reduzierung des Verhältnisses der Spitzenwerte zu  
den Durchschnittswerten (PAR: Peak-to-Average-Ratios) allge-  
5 mein diskutiert, wobei jedoch Vielfachzugriffe nicht berück-  
sichtigt werden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein alternatives  
Verfahren zum Bereitstellen von OFDM-Symbolen bzw. geeignete  
10 Kommunikationsstationen zum Durchführen eines solchen Verfah-  
rens anzugeben. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Er-  
zeugen von OFDM-Symbolen sowie durch eine Kommunikationssys-  
temvorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Patentan-  
sprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand  
15 abhängiger Patentansprüche.

In vorteilhafter Weise können durch das datenquellenspezifi-  
sche, d.h. exklusive Zuordnen von Subträgern zu den jeweili-  
gen Teilnehmern bzw. Teilnehmerdaten, auf die das Transforma-  
20 tionsergebnis einer orthogonalen Transformationsmatrize bzw.  
Spreizung übertragen wird, trotz Anwendung der Transformation  
die unerwünschten Mehrfachzugriffs-Interferenzen vermieden  
werden, dies im Idealfall vollständig.

25 In vorteilhafter Weise ist dabei die Wahl der orthogonalen  
Matrix zunächst beliebig. Weiterhin kann auch die Zuordnung  
des Transformationsergebnisses zu den exklusiven Subträgern  
eines Teilnehmers bzw. einer Datenquelle auf zunächst belie-  
bige Art und Weise erfolgen.

30 Die Trennung von Spreizung der teilnehmerspezifischen Daten  
bzw. datenquellenspezifischen Daten und der Zuordnung der  
transformierten bzw. gespreizten Daten zu den Subträgern ei-  
nes oder mehrerer OFDM-Symbole ist besonders vorteilhaft,  
35 wenn für die Spreizung anstelle z.B. der Walsh-Hadamard-  
Transformation eine diskrete Fourier-Transformation (DFT) o-  
der schnelle Fourier-Transformation (FFT) verwendet wird.

Insbesondere in Kombination mit einer äquidistanten Anordnung der Subträger auf dem Träger, insbesondere auf der Frequenzachse, für die verschiedenen Teilnehmerdaten bzw. Datenquellen ergibt sich dann ein OFDM-FDMA-System, bei dem das Zeitsignal bzw. die OFDM-Symbole hinter der üblichen inversen Fourier-Transformation (IFFT) eine konstante Einhüllende aufweisen. Dies ist ein ganz wesentlicher Vorteil, da die diversen Verfahren zur Glättung, die derzeit anzuwenden wären, entbehrlich werden.

10

Insbesondere bei der Kombination einer Fourier-Transformation und einer inversen Fourier-Transformation kann in besonders bevorzugter Ausführungsform auch eine vereinfachte Erzeugung der OFDM-Symbole vorgenommen werden, da bei deren Erzeugung entsprechende Verfahrensschritte entfallen können. Die beiden aufeinanderfolgenden Fourier-Transformationen können sich dabei in der Wirkung bis auf insbesondere eine Frequenzverschiebung aufheben. Entsprechend ist es gemäß der Erfindung bei der Kommunikation zwischen z.B. einer mobilen Teilnehmerstation und einer Basisstation in Aufwärtsrichtung (Uplink) möglich, die eintreffenden Daten der einzelnen Datenquellen gegebenenfalls nach üblicher Codierung, Verwürfelung und Modulation direkt auf die entsprechenden OFDM-Symbolpositionen zu verteilen bzw. zu kombinieren. Dadurch wird der Aufbau der sendenden Kommunikationsstation vorteilhaft vereinfacht. Zweckmäßigerweise kann die Basisstation unverändert bleiben und weiterhin die Struktur eines OFDM-Empfängers besitzen, um die OFDM-spezifischen Vorteile wie einfache Entzerrung des Empfangssignals und Trennung der Teilnehmerstationsdaten bzw. Teilnehmer ausnutzen zu können.

Durch die zeitlich wiederholte Abfolge der Daten in dem OFDM-Symbol entsteht auf den ersten Blick eine große Redundanz. Da sich jedoch beim Senden auf der Funk-Schnittstelle die entsprechend erzeugten Signale einer Vielzahl von Stationen überlagern, ist diese Redundanz im Gesamtsystem unter Volllast jedoch nicht datenquellenspezifisch vorhanden. Bei z.B. drei-

35

facher Redundanz für eine Datenquelle, dies entspricht vier Perioden bzw. einer Belegung jeden vierten Subträgers, können vier Datenquellen gleichzeitig ohne Interferenz auf die Luft-Schnittstelle zugreifen.

5

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

10 FIG 1 ein Schema für einen allgemeinen Mehrfachzugriff, wobei die Struktur eines OFDM-FDMA-Systems mit teilnehmerspezifischer Spreizung der Datensymbole dargestellt ist;

15 FIG 2 schematisch eine mögliche Realisierung eines OFDM-FDMA-Systems mit besonders bevorzugter FFT-Spreizmatrix und Zuordnung der Teilnehmerdaten zu äquidistanten Subträgern;

20 FIG 3 schematisch eine Zuordnung von gespreizten Teilnehmerdaten zu äquidistanten Subträgern und

FIG 4 eine besonders bevorzugte Realisierungsform für die Durchführung des Verfahrens.

25 Wie aus FIG 1 ersichtlich, besteht ein Verfahren zum Erzeugen von OFDM-Symbolen aus verschiedenen einzelnen Schritten. Hereinkommende Teilnehmerdaten von einzelnen Teilnehmern bzw. Teilnehmerstationen oder Datenquellen sind einzelne Daten  $t'1, t'2, \dots t'y$ , die in zeitlicher Abfolge eintreffen. Beispielshaft ist das Eintreffen von Daten von M verschiedenen  
30 Teilnehmern bzw. Teilnehmerstationen oder Datenquellen dargestellt (User 1 - User M). Es folgt eine individuelle Vorverarbeitung für die Daten dieser Teilnehmer bzw. User in einzelnen Blöcken, wobei die Vorverarbeitung beispielsweise in  
35 üblicher Weise aus einer Codierung, einer Verwürfelung (Interleaving) und einer Modulation besteht. Bei dieser ersten Codierung handelt es sich um eine Kanalcodierung, die teil-

nehmerspezifisch vorgenommen wird. Ferner erfolgt eine Umsetzung von einem seriellen Signal auf ein paralleles Signal, wobei die hintereinander eintreffenden Daten auf L verschiedene Datenpfade bzw. Leitungen verteilt bzw. abgebildet (Mapping) werden. Die y Zeitwerte werden somit pro Dateneingang codiert abgebildet, wodurch je Teilnehmer Datensymbole aus L komplexwertigen Einzelwerten entstehen. Diese können Elemente irgendeines beliebigen Symbolsatzes sein, beispielsweise PSK- oder QAM-modulierte Daten (PSK: Phase Shift Keying; QAM: Quadratur Amplitude Modulation).

In dem nachfolgenden Block ist die eigentliche Transformation bzw. Spreizung und die Codierung der Daten verschiedener Teilnehmer auf die einzelnen Frequenz-Subträger dargestellt.

Die auf den jeweils für einen Teilnehmer auf L Datenpfaden eintreffenden Daten werden in einem ersten Schritt gespreizt, d.h. von insgesamt L Datenwerten auf P Datenwerte verteilt. Dies dient vorzugsweise der Ausnutzung der statistisch unabhängigen Ausbreitung der Signale auf unterschiedlichen Subträgern (Frequenz-Diversität). Bei den bevorzugten Ausführungsbeispielen wird die Anzahl der einzelnen Datenwerte bzw. Leitungen nicht verändert, obwohl dies auch möglich ist, so dass vor und nach der Spreizung jeweils L komplexe Datenwerte pro Teilnehmer vorliegen. In Analogie zur Spreizung der Daten mit Walsh-Hadamard-Matrizen bei OFDM-CDMA entspricht L der Anzahl der der Teilnehmerstation zugeordneten Codes und P der Anzahl der verfügbaren, orthogonalen Codesymbole. Die Spreizung entspricht in diesem Fall einem Volllast-System.

In dem nachfolgenden Schritt erfolgt die Abbildung auf die einzelnen Subträger, wobei vorzugsweise ein Kanal-adaptives Abbilden (Channel Adaptive Mapping) vorgenommen wird. Während in das dargestellte Symbol pro Teilnehmer P bzw. L Datenleitungen hineinführen, führen aus dem Symbol stellvertretend für die einzelnen Subträger  $N_c$  Leitungen bzw. Datenpfade heraus. Dabei steht die oberste Leitung stellvertretend für den



Subträger  $f_1 \dots f_N$  mit der niedrigsten Frequenz  $f_1$  und die unterste dargestellte Leitung bzw. der unterste Datenpfad steht für den Subträger mit der höchsten im Frequenzband verfügbaren Frequenz  $f_N$ .

5

Nach der Verteilung der Daten auf die verschiedenen Frequenz-Subträger wird in dem dritten dargestellten Block zuerst eine inverse Fourier-Transformation durchgeführt, beispielsweise eine inverse schnelle Fourier-Transformation IFFT. Es folgt  
10 eine Umwandlung der parallelen Daten in serielle Daten. Gemäß den derzeit üblichen Konventionen wird dabei eine zeitliche Abfolge von Datenwerten  $t_1 \dots t_i, t_{i+1} \dots t_{2i}, \dots$  erzeugt, denen zur Bildung eines OFDM-Symbols ein Schutzintervall GI (Guard Interval) als zyklische Fortsetzung des Zeitsignals  
15 vorweggesetzt wird.

Bei der Beschreibung der Struktur des OFDM-FDMA-Systems mit der teilnehmerspezifischen Spreizung der Datensymbole wird vorstehend bewusst zwischen einerseits der Spreizung bzw.  
20 Transformation und andererseits dem Abbilden auf die Subträger unterschieden.

Diese Trennung wird vorgenommen, um in einem ersten Schritt die Daten der einzelnen Teilnehmer bzw. User zunächst mit  
25 Hilfe einer orthogonalen Matrix transformieren bzw. spreizen zu können. In dem nachfolgenden Schritt wird dann das Transformationsergebnis auf Subträger übertragen, wobei jedem der einzelnen Teilnehmer bzw. User exklusiv Subträger zugeordnet werden. Dabei kann die Zuordnung der Subträger prinzipiell  
30 beliebig erfolgen, wobei Systeme bevorzugt werden, bei denen die ersten Subträger dem ersten Teilnehmer und die letzten Subträger dem letzten Teilnehmer zugeordnet werden. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich und insbesondere bei z.B. einer Kanal-angepassten Zuordnung nicht wünschenswert. Beson-  
35 ders bevorzugt werden jedoch Systeme, bei denen die Daten eines Teilnehmers bzw. Users auf äquidistanz über das Frequenzband verteilte Subträger abgebildet bzw. übertragen werden.

Dies ist zur Erreichung der konstanten Einhüllenden im Uplink vorteilhaft. Es kann jedoch unter Umständen auch vorteilhaft sein, gerade benachbarte Subträger der selben Teilnehmerstation zuzuordnen.

5

Der Vorteil, dass trotz der Anwendung der Transformation Mehrfachzugriffs-Interferenzen (MAI) vollständig vermieden werden können, ergibt sich dadurch, dass die Mehrfachzugriffs-Interferenzen auf Grund der Zuordnung von orthogonalen Subträgern an unterschiedliche Teilnehmerstationen vermieden werden. Die Spreizung ist eine Teilnehmerstations-spezifische Verarbeitung, wobei die Empfangsdaten im Gegensatz zu den Codesymbolen bei OFDM-CDMA im Uplink dem gleichen Kanaleinfluss unterliegen.

15

Dabei ist die Auswahl der orthogonalen Matrix prinzipiell beliebig. Bevorzugt werden die für sich bekannten Walsh-Hadamard-Transformation oder besonders eine Fourier-Transformation, insbesondere eine diskrete oder schnelle Fourier-Transformation.

20

Die Anwendung einer schnellen Fourier-Transformation FFT als bevorzugte Form der Transformation bzw. Spreizung sowie die anschließende Übertragung auf einzelne Subträger ist aus FIG 2 in beispielhafter Ausführungsform ersichtlich. Die Fourier-Transformationen FFT werden dabei teilnehmerspezifisch durchgeführt, d.h. die eintreffenden Datensymbole eines Teilnehmers bzw. Users werden jeweils einer eigenen Fourier-Transformation zugeführt.

30

Die sich aus den einzelnen teilnehmerspezifischen Fourier-Transformationen ergebenden Daten werden dann auf die einzelnen Frequenz-Subträger  $f_1 \dots f_N$  verteilt, wobei die Daten eines Teilnehmers vorzugsweise auf nicht direkt zueinander benachbarte Subträger übertragen werden. Rein prinzipiell kann diese Verteilung auf die einzelnen Subträger jedoch in beliebiger Art und Weise erfolgen.

35

Wie aus FIG 3 ersichtlich, erfolgt eine besonders bevorzugte Verteilung der einzelnen Daten der teilnehmerspezifischen Fourier-Transformationen auf eine äquidistante Abfolge von Subträgern über der Frequenzachse. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel werden L Teilnehmerdaten bzw. Datensymbole mit L Datenwerten eines Teilnehmers in die L-wertige Fourier-Transformation (L-Point-FFT) eingeführt. Gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel, jedoch nicht zwingend erforderlich, werden durch die Fouriertransformation wiederum L Datenwerte erzeugt, die auf die N Subträger abgebildet werden.

Die Abbildung der transformierten Werte erfolgt vorliegend auf  $N = 24$  Frequenzkanäle als Subträger  $f_1 \dots f_{24}$ , wobei die Anzahl der L Datenwerte  $L = 8$  entsprechen soll. Wie dargestellt, kann bei einer äquidistanten Verteilung auf die Subträger  $f_1$  der erste Datenwert auf den ersten Subträger  $f_1$ , der zweite Datenwert auf den fünften Subträger  $f_5$  usw. verteilt bzw. übertragen werden.

20

Es folgt eine  $N_c$ -wertige inverse Fourier-Transformation ( $N_c$ -Point FFT), die in den vorstehenden FIG als IFFT dargestellt ist. Nach der Umsetzung in eine serielle Datenfolge ergibt sich eine zeitliche Abfolge von einzelnen, über eine Schnittstelle zu übertragenden Datenwerten. Nach dem Vorsetzen eines Schutzintervalls GI ergibt sich hier ein OFDM-Symbol aus einem Schutzintervall GI und 24 zeitlich aufeinander folgenden Datenwerten  $t_1 \dots t_{24}$ . Wie dargestellt, sind bei der vorliegenden äquidistanten Verteilung die einzelnen Datenwerte auf 4 Abschnitte bzw. Perioden verteilt, wobei alle Perioden des Zeitsignals jedes Teilnehmers bzw. Users identisch sind. Es ergibt sich eine periodische Wiederholung der Datensequenz.

Handelt es sich bei dem Sender um eine Mobilstation, wie dies in FIG 4 dargestellt ist, bleiben alle weiteren Subträger unbelegt, da diese im Uplink von anderen mobilen Teilnehmer in anderen Mobilstation genutzt werden. Im Downlink besteht das

35

Sendesignal aus der Überlagerung der periodischen Sendesignale aller Teilnehmer. Ist allen Teilnehmern die gleiche Anzahl  $L$  an Subträgern zugeordnet, so besitzt das Summensignal die gleiche Periodizität wie das Signal jedes einzelnen Teilnehmers. Sind unterschiedlichen Teilnehmern verschiedene Anzahlen an Subträgern zugeordnet, so besitzt das Summensignal nicht zwangsläufig einen periodischen Signalverlauf. Im Uplink besitzt das Sendesignal eine konstante Einhüllende, wohingegen im Downlink auf Grund der Überlagerung der Signale verschiedener Teilnehmer bzw. Teilnehmerstationen die Einhüllende in der Regel nicht mehr konstant ist, jedoch einen deutlich geringeren Spitzenwert als ein herkömmliches OFDM-Signal aufweist. Entsprechend stellt FIG 2 den Abwärtsverbindungs/Downlink-Fall mit mehreren Teilnehmern pro Sender und FIG 3 den Uplink-Fall dar.

Dies mit einfachen Angaben verallgemeinert, bedingt bei einer Datensymbollänge  $L$  der eintreffenden Teilnehmerdaten und einer Abbildung auf ebenfalls  $L$ -wertige Transformationsergebnisse eine Abbildung auf die Subträger  $f_1 \dots f_N$ , wobei  $N$  Subträger zur Verfügung stehen. Nach der inversen Fourier-Transformation hat dann das OFDM-Symbol die Länge  $N$  zuzüglich der Länge des Schutzintervalls  $GI$ . Die einzelnen Datenwerte sind dabei bei äquidistanter Verteilung auf  $N/L$  Datenperioden verteilt, wobei die Datenperioden auch als Datenblöcke oder Datenabschnitte bezeichnet werden können.

Der besondere Vorteil der Kombination einer durch eine Fourier-Transformation FFT gebildeten Spreizmatrix in Kombination mit der äquidistanten Verteilung auf der Frequenzachse besteht darin, dass nach der inversen Fourier-Transformation im Uplink ein Zeitsignal mit einer konstanten Einhüllenden und im Downlink ein Zeitsignal mit deutlich gegenüber einem herkömmlichen OFDM-System reduzierten Spitzenwert entsteht. Diese konstante Einhüllende ergibt sich, da das Spitzenwert-zu-Durchschnittswert-Verhältnis (PAR) deutlich geringer als bei anderen Erzeugungsverfahren für OFDM-Symbole ist. Es ent-

spricht gerade dem PAR der Modulationsymbole vor der Transformation. Würde hier eine PSK-Modulation eingesetzt, so ist das PAR=1.

- 5 Zum Verständnis wird formell angemerkt, dass es sich hierbei um allgemeine lineare Transformationen handelt, also auch bei Anwendung einer Fourier-Transformation zum Transformieren bzw. Spreizen der teilnehmerspezifischen Daten kein direkter Bezug eines Frequenzraums zu einem Zeitraum besteht, wie dies  
10 bei einer üblichen Betrachtung von Fourier-Transformationen wäre.

- Gemäß einer weiter entwickelten Ausführungsform kann für den Fall der Betrachtung einer Fourier-Transformation als Spreiz-  
15 matrix und einer anschließenden inversen Fourier-Transformation zur Übertragung der einzelnen Frequenz-Subträger auf eine zeitliche Datenfolge festgestellt werden, dass sich die beiden Fourier-Transformationen rein theoretisch hinsichtlich ihrer Wirkung aufheben. Als Konsequenz daraus  
20 kann eine besonders bevorzugte Ausführungsform zur Erzeugung von OFDM-Symbolen umgesetzt werden, wie sie in FIG 4 für beispielsweise eine Sendung in Aufwärtsrichtung (Uplink) von einer Teilnehmerstation zu einer netzseitigen Station dargestellt ist, wenn nur ein einzelner Teilnehmer sendet, wobei  
25 sich dann sich die Transformationen aufheben.

- Durch die in der Wirkung aufhebende Transformationsabfolge einer Fourier-Transformation FFT und nach der Verteilung auf die einzelnen Subträger  $f_1 \dots f_N$  einer inversen Fourier-  
30 Transformation IFFT kann bei der Umsetzung dieser Block entfallen bzw. durch eine Wiederholung der Symbolsequenz entsprechend der Anzahl der zugeordneten, jetzt fiktiven, Subträger und anschließender Frequenzverschiebung bei der Verteilung der Eingangsdaten auf die Ausgangsdaten ersetzt werden.  
35

- Eine Wiederholung des zeitlichen Signals entsteht daraus, dass die Subträger, die dem User nicht zugeordnet sind, unmoduliert bleiben. Jede einzelne Periode des OFDM-Signals entspricht dann letztendlich der inversen diskreten Fourier-
- 5 Transformation der verwendeten Subträger. Somit enthält theoretisch bei idealer Umsetzung und später fehlerfreien Übertragung über die Schnittstelle empfängerseitig das empfangene OFDM-Signal hinter dem Schutzintervall GI eine Anzahl von Perioden mit jeweils gleicher Datenfolge. Das zeitliche Signal
- 10 entspräche somit einer wiederholenden Abfolge der ursprünglichen Eingabe in die diskrete Fourier-Transformation, die gemäß der Ausführungsform von FIG 2 einleitend vorzunehmen wäre.
- 15 Wie aus FIG 4 im unteren Bereich ersichtlich, ergibt sich dadurch ein äquivalentes System, bei dem die Blöcke mit den Umsetzungen serieller in paralleler Daten, der teilnehmerspezifischen Fourier-Transformation, der Abbildung bzw. Übertragung auf die Subträger, der inversen Fourier-Transformation
- 20 und der Umsetzung paralleler in serieller Daten ersetzt werden können durch eine Abfolge von sich wiederholenden Symbolen und eine entsprechend vorzunehmende Frequenzverschiebung.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines OFDM-Symbols als Sendesignal in einem Kommunikationssystem, bei dem  
5    Daten von einer Datenquelle auf eine Vielzahl von orthogonalen Subträgern ( $N_c$ ) eines Trägers ( $f_1 \dots f_N$ ) abgebildet werden,  
dadurch **g e k e n n z e i c h n e t**, dass  
die Daten zur Bildung des zeitlich abfolgenden OFDM-Symbols  
10    nach einem Schutzintervall blockweise eingesetzt werden, wobei jeder der Blöcke aus der vollständigen Datenabfolge besteht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem  
15    die Daten der Datenquelle vor der Abbildung auf eine Vielzahl von Subträgern ( $N_c$ ) kanalcodiert und moduliert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem  
das Einsetzen der Daten in das OFDM-Symbol bei der Verteilung  
20    der Eingangsdaten auf die Ausgangsdaten durch eine Wiederholung der Symbolsequenz entsprechend der Anzahl zugeordneter Subträger und eine anschließende Frequenzverschiebung durchgeführt wird.
- 25    4. Verfahren zum Erzeugen von Sendesignalen, insbesondere OFDM-Symbolen dafür, in einem Kommunikationssystem, bei dem  
- Daten von einer oder mehreren Datenquellen (User 1 - User M) auf eine Vielzahl von orthogonalen Subträgern ( $N_c$ ) abgebildet werden,  
30    dadurch **g e k e n n z e i c h n e t**, dass  
- die Daten der Datenquellen datenquellenspezifisch transformiert und den Subträgern zugeordnet werden, wobei die Zuordnung unabhängig von der Transformation datenquellenspezifisch erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Transformation, insbesondere als Spreizung, mittels einer orthogonalen Matrix durchgeführt wird.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Transformation, insbesondere als Spreizung, mittels einer Fourier-Transformation (FFT) durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch, bei dem  
10 die Zuordnung der Daten von einer der Datenquellen zu mehreren der Subträger durchgeführt wird, und jedem Subträger nur Daten einer Datenquelle zugeordnet werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem  
15 die Zuordnung der Daten jeweils einer Datenquelle zu den Subträgern zu äquidistant über den Träger verteilten Subträgern durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch, bei dem  
20 die Zuordnung der transformierten Daten einer einzelnen Datenquelle zu den Subträgern mehrerer späterer OFDM-Symbole durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch, bei dem  
25 Daten einer Datenquelle nach Kanalcodierung und Modulation zur Bildung eines zeitlich abfolgenden OFDM-Symbols nach einem Schutzintervall blockweise eingesetzt werden, wobei jeder der Blöcke aus jeweils der vollständigen Datenabfolge besteht.
- 30 11. Kommunikationssystemvorrichtung mit
- einem Dateneingang von zumindest einer Datenquelle,
  - einer Steuereinrichtung zum Betreiben der Kommunikationssystemvorrichtung und zum Verarbeiten von Daten,
  - 35 - zumindest einer Speichereinrichtung und/oder Verarbeitungsmodulen zum zeitweiligen Speichern und Verarbeiten von Daten der zumindest einen Datenquelle,



dadurch gekennzeichnet, dass

- die Steuereinrichtung zum Erzeugen eines OFDM-Symbols gemäß einem Verfahren nach einem vorstehenden Anspruch ausgelegt ist.

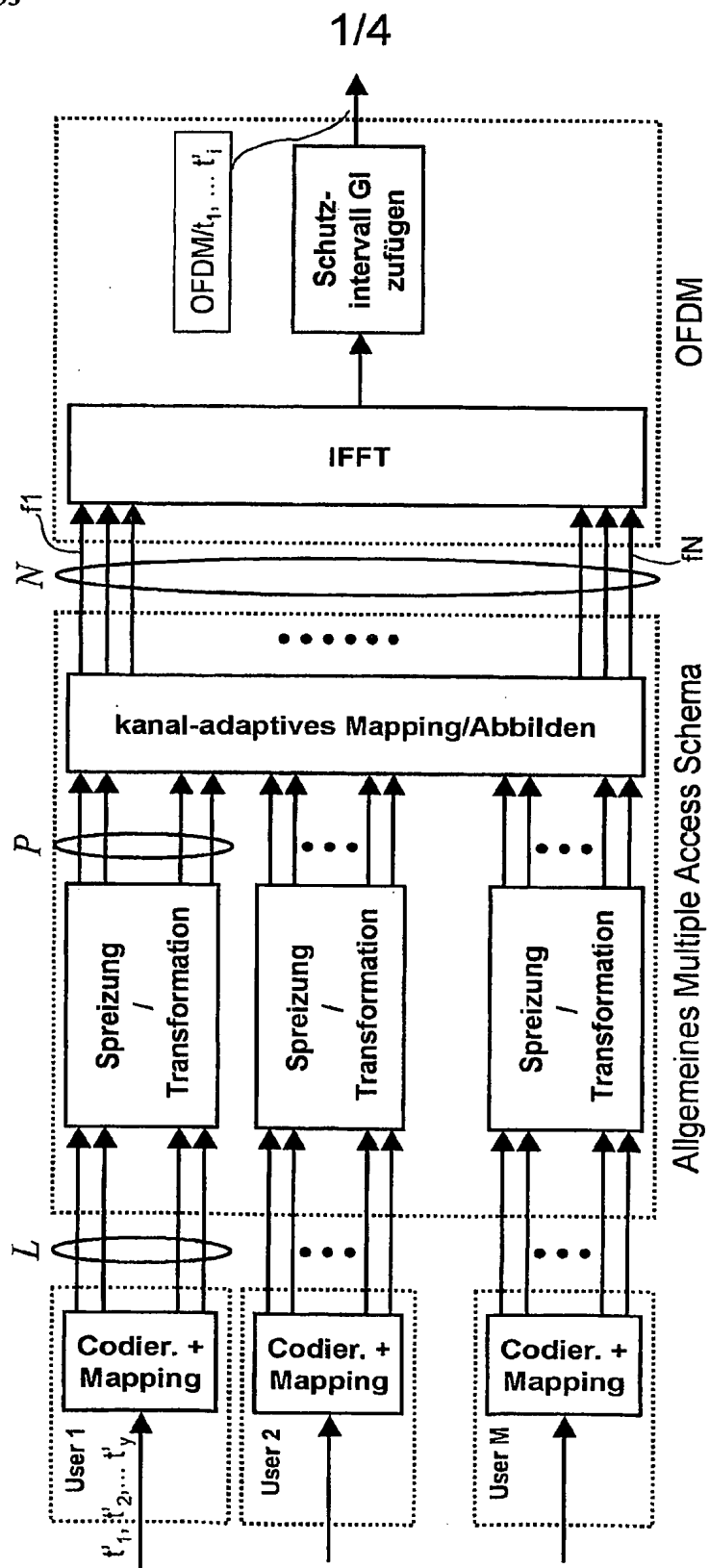


FIG 1

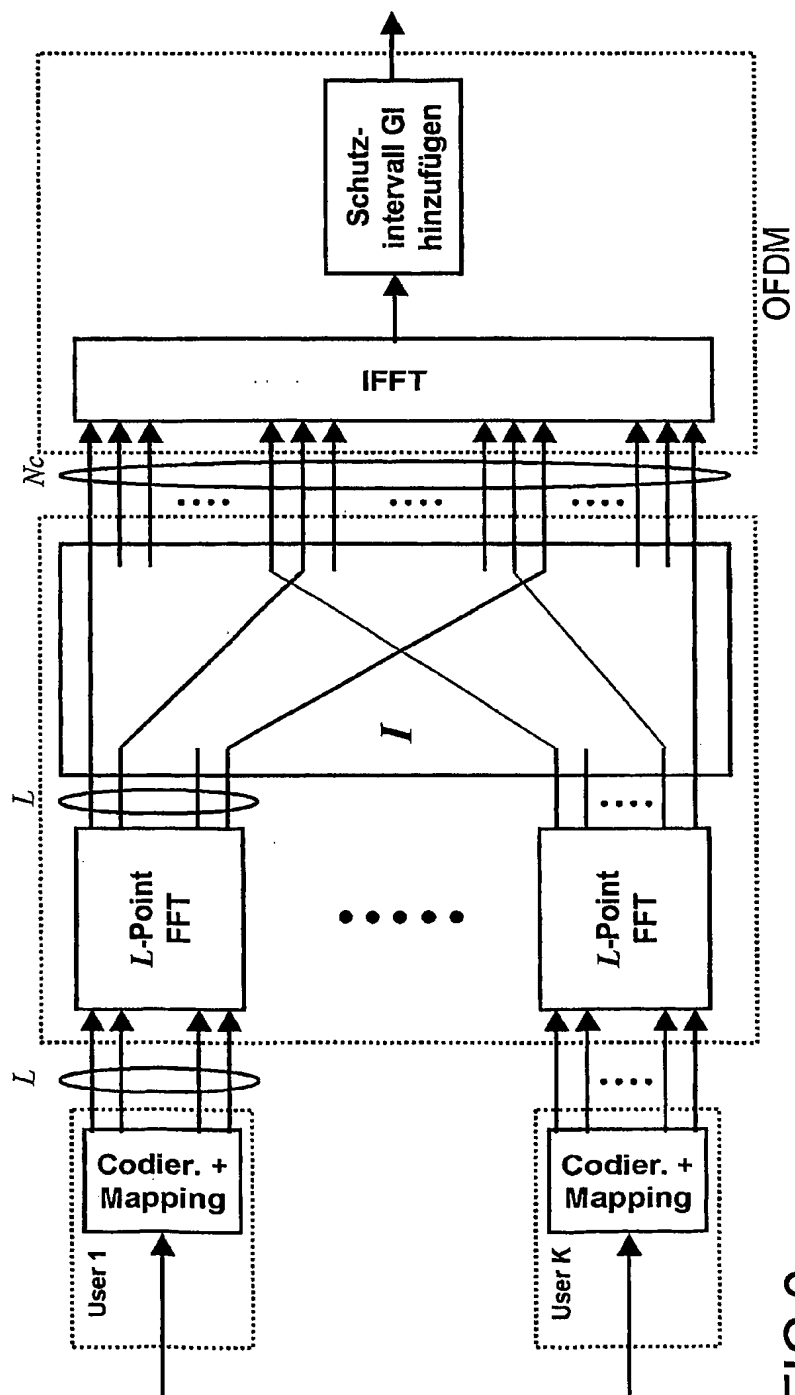


FIG 2

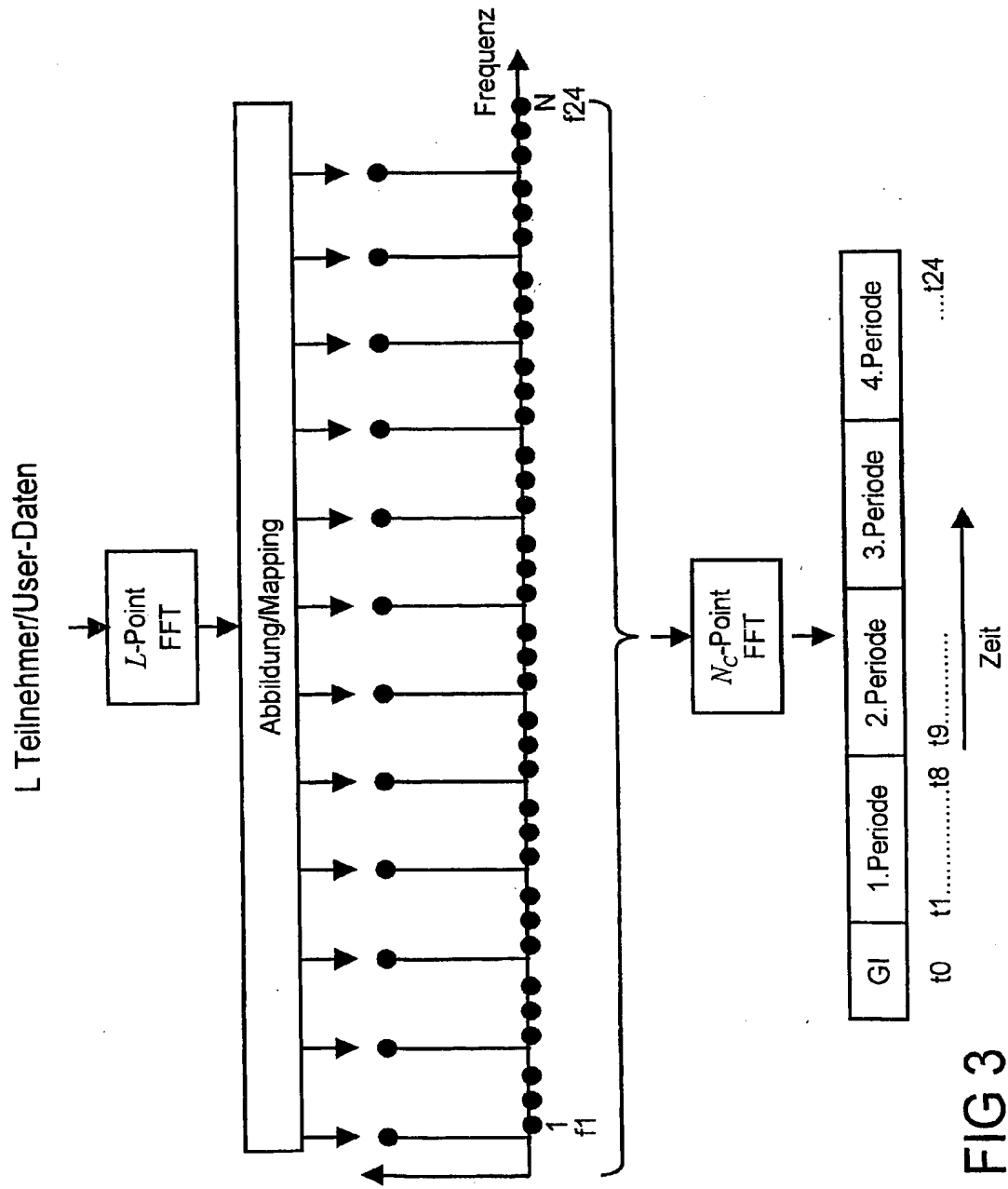


FIG 3

4/4

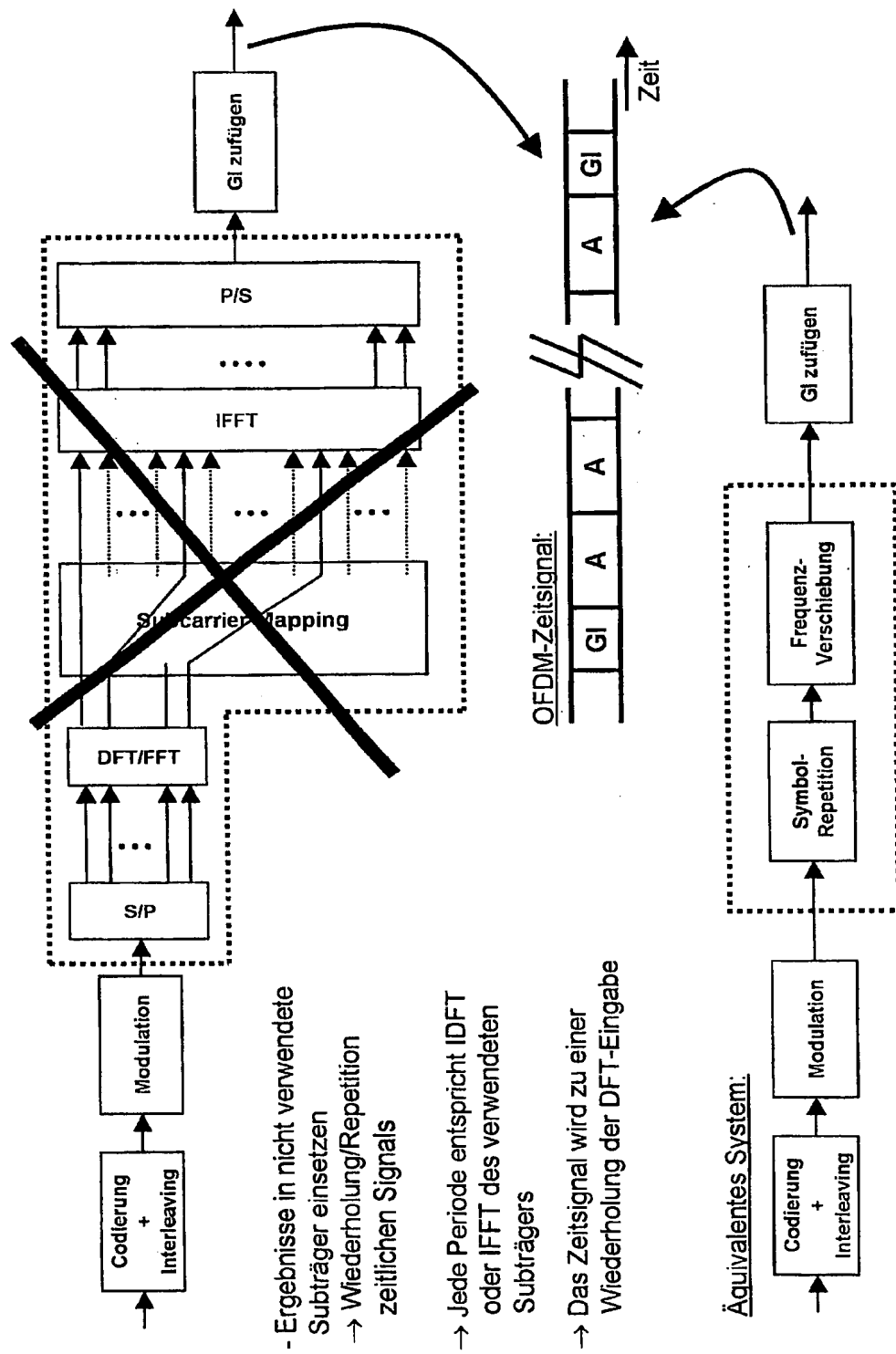


FIG 4: OFDM-FDMA Uplink (nur ein User sendet)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In ☐ national Application No

PCT/EP 02/10382

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04L5/02 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SAULNIER G J ET AL: "OFDM spread spectrum communications using lapped transforms and interference excision" COMMUNICATIONS, 1997. ICC '97 MONTREAL, TOWARDS THE KNOWLEDGE MILLENNIUM. 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MONTREAL, QUE., CANADA 8-12 JUNE 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 8 June 1997 (1997-06-08), pages 944-948, XP010227242 ISBN: 0-7803-3925-8 abstract page 944, left-hand column, paragraph 2 -right-hand column, paragraph 2 page 946, left-hand column, paragraph 1 - paragraph 3 ---	1,2,7,8, 11         3,6,9
A		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 November 2002

Date of mailing of the international search report

05/12/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Litton, R

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No  
PCT/EP 02/10382

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KHALED FAZEL ET AL.: "Multi-Carrier Spread-Spectrum", KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, US, BOSTON, MA XP002193839 76	1,2,7, 10,11
A	page XI, paragraph 3 -page XIII, paragraph 2	4,5
X	US 6 188 717 B1 (KAISER STEFAN ET AL) 13 February 2001 (2001-02-13)	1,2,10, 11
A	column 1, line 34 -column 2, line 15 column 3, line 5 - line 15 column 3, line 30 - line 50 column 5, line 15 -column 6, line 50	5,6,8
A	HO T F ET AL: "Synthesis of low-crest waveforms for multicarrier CDMA system" GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, 1995. CONFERENCE RECORD. COMMUNICATION THEORY MINI-CONFERENCE, GLOBECOM '95., IEEE SINGAPORE 13-17 NOV. 1995, NEW YORK, NY, USA,IEEE, US, 13 November 1995 (1995-11-13), pages 131-135, XP010159486 ISBN: 0-7803-2509-5 abstract page 131, right-hand column, paragraph 2 -page 132, left-hand column, paragraph 2 figure 1	1,2,4,6, 7,9
A	EP 0 966 133 A (SONY INT EUROP GMBH) 22 December 1999 (1999-12-22) paragraph '0028! - paragraph '0034! paragraph '0043! - paragraph '0045!	1,2,5,7, 10,11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/10382

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6188717	B1	13-02-2001	DE 19647833 A1 FR 2756131 A1 GB 2319709 A , B	20-05-1998 22-05-1998 27-05-1998
EP 0966133	A	22-12-1999	EP 0966133 A2 JP 2000083008 A	22-12-1999 21-03-2000



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. 1ales Aktenzeichen

PCT/EP 02/10382

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H04L5/02 H04L27/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC, WPI Data, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SAULNIER G J ET AL: "OFDM spread spectrum communications using lapped transforms and interference excision" COMMUNICATIONS, 1997. ICC '97 MONTREAL, TOWARDS THE KNOWLEDGE MILLENNIUM. 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MONTREAL, QUE., CANADA 8-12 JUNE 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 8. Juni 1997 (1997-06-08), Seiten 944-948, XP010227242 ISBN: 0-7803-3925-8	1,2,7,8, 11
A	Zusammenfassung Seite 944, linke Spalte, Absatz 2 -rechte Spalte, Absatz 2 Seite 946, linke Spalte, Absatz 1 - Absatz 3 --- -/--	3,6,9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

<sup>a</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. November 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/12/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Litton, R

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Belr. Anspruch Nr.
X	KHALED FAZEL ET AL.: "Multi-Carrier Spread-Spectrum", KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, US, BOSTON, MA XP002193839 76	1,2,7, 10,11
A	Seite XI, Absatz 3 -Seite XIII, Absatz 2	4,5
X	US 6 188 717 B1 (KAISER STEFAN ET AL) 13. Februar 2001 (2001-02-13)	1,2,10, 11
A	Spalte 1, Zeile 34 -Spalte 2, Zeile 15 Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 15 Spalte 3, Zeile 30 - Zeile 50 Spalte 5, Zeile 15 -Spalte 6, Zeile 50	5,6,8
A	HO T F ET AL: "Synthesis of low-crest waveforms for multicarrier CDMA system" GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, 1995. CONFERENCE RECORD. COMMUNICATION THEORY MINI-CONFERENCE, GLOBECOM '95., IEEE SINGAPORE 13-17 NOV. 1995, NEW YORK, NY, USA,IEEE, US, 13. November 1995 (1995-11-13), Seiten 131-135, XP010159486 ISBN: 0-7803-2509-5 Zusammenfassung Seite 131, rechte Spalte, Absatz 2 -Seite 132, linke Spalte, Absatz 2 Abbildung 1	1,2,4,6, 7,9
A	EP 0 966 133 A (SONY INT EUROP GMBH) 22. Dezember 1999 (1999-12-22) Absatz '0028! - Absatz '0034! Absatz '0043! - Absatz '0045!	1,2,5,7, 10,11

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/10382

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6188717	B1	13-02-2001	DE	19647833 A1		20-05-1998
			FR	2756131 A1		22-05-1998
			GB	2319709 A ,B		27-05-1998
EP 0966133	A	22-12-1999	EP	0966133 A2		22-12-1999
			JP	2000083008 A		21-03-2000